



Espacenet

## Bibliographic data: DE 19903426 (A1)

### Vorrichtung und Verfahren zur Regelung eines Generators mit zugeordnetem Spannungswandler

Publication date: 2000-08-03  
 Inventor(s): REUTLINGER KURT [DE] +  
 Applicant(s): BOSCH GMBH ROBERT [DE] +  
 Classification:  
 - international: H02J7/14; H02P9/10; H02P9/14; H02P9/30; (IPC1-7): H02M3/00; H02M7/40; H02P9/00  
 - European: H02P9/10F; H02P9/30D2

Application number: DE19991003426 19990129

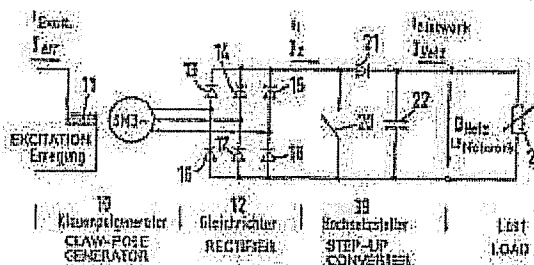
Priority number (s): DE19991003426 19990129

Also published as:

- US 6433518 (B1)
- JP 2002536946 (T)
- ES 2323026 (T3)
- EP 1072080 (A1)
- EP 1072080 (B1)
- more

### Abstract of DE 19903426 (A1)

The invention relates to devices and methods for regulating a generator with a dedicated voltage transformer working as step-up converter, wherein regulation of the generator is effected depending on its rotational speed and/or the speed-dependent output voltage of the generator. Three different ranges are defined in which different types of regulation can be carried out. In case of low rotational speed, output regulation is effected at a maximum admissible excitation current. In case of higher rotational speeds, voltage is regulated by influencing the excitation current. In case of overvoltage during higher rotational speeds and sudden load reduction, a third regulation strategy is implemented which reduces overvoltage and the excitation current.



Last updated: 26.04.2011 Worldwide Database 5.7.22; 93p



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①0 DE 199 03 426 A 1

②1 Aktenzeichen: 199 03 426.5  
②2 Anmeldetag: 29. 1. 1999  
④3 Offenlegungstag: 3. 8. 2000

⑤1 Int. Cl. 7:  
H 02 P 9/00  
H 02 M 7/40  
H 02 M 3/00

DE 199 03 426 A 1

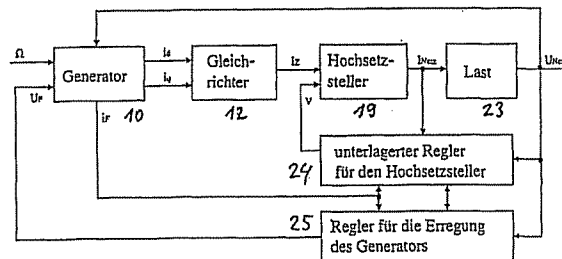
⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Reutlinger, Kurt, Dr., 70174 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Vorrichtung und Verfahren zur Regelung eines Generators mit zugeordnetem Spannungswandler

⑤7 Es werden Vorrichtungen und Verfahren zur Regelung eines Generators mit zugeordnetem Spannungswandler, der als Hochsetzsteller arbeitet, angegeben, bei denen die Regelung des Generators abhängig von seiner Drehzahl und/oder abhängig von der drehzahlabhängig möglichen Ausgangsspannung des Generators erfolgt. Dabei werden drei unterschiedliche Bereiche definiert, in denen jeweils unterschiedliche Regelungen durchgeführt werden, wobei bei niederen Drehzahlen eine Leistungsregelung bei maximal zulässigem Erregerstrom erfolgt, bei höheren Drehzahlen eine Spannungsregelung durch Beeinflussung des Erregerstromes durchgeführt wird und bei einer Überspannung bei höheren Drehzahlen und plötzlicher Lastreduzierung eine dritte Regelstrategie durchgeführt wird, die die Überspannung und den Erregerstrom reduziert.



DE 199 03 426 A 1

In Kraftfahrzeugen werden für die Versorgung der elektrischen Bordnetzverbraucher Drehstromgeneratoren eingesetzt, die von der Brennkraftmaschine angetrieben werden. Diese Drehstromgeneratoren, beispielsweise Klauenpolgeneratoren, sind über eine Diodengleichrichterbrücke mit dem Gleichspannungsbordnetz des Fahrzeugs verbunden. Die Spannungshöhe, auf die der Generator geregelt wird, ist derzeit üblicherweise etwa 14 Volt. Die Leistungsabgabe der Drehstromgeneratoren wird über die Größe des Erregerstromes, der durch die Erregerwicklung fließt, geregelt. Als Regelgröße wird dabei üblicherweise die Bordnetzspannung bzw. die Ausgangsspannung des Generators verwendet.

Da die im Fahrzeugbordnetz benötigte elektrische Verbraucherleistung beträchtlich ist und in Zukunft noch weiter ansteigen wird, ist es derzeit bereits üblich, ein Fahrzeugbordnetz als Zeispannungsbordnetz aufzubauen, wobei eine Spannung dann etwa 14 Volt beträgt und, die andere etwa 42 Volt. Die Bereitstellung der höheren Spannung erfolgt dabei mit Hilfe eines dem Generator maßgeschalteten Gleichspannungswandlers, der als Hochsetzsteller arbeitet. Ein Fahrzeugbordnetz mit wenigstens einem Generator und einem nachfolgenden Gleichspannungswandler ist bspw. aus der DE-OS 196 45 944 bekannt. Die Regelung des Generators sowie die Ansteuerung des Gleichspannungswandlers erfolgt bei diesem bekannten Bordnetz mit Hilfe eines eigenen Steuergerätes, daß die zugeführten Informationen verarbeitet und entsprechende Ansteuerimpulse abgibt.

Ein weiteres Fahrzeugbordnetz mit einem Generator mit nachgeschaltetem Hochsetzsteller ist aus der DE-P 198 45 569 bekannt. In diesem Bordnetz wird ein Klauenpolgenerator eingesetzt, der zur Speisung des Bordnetzes mit 42 Volt eingesetzt wird. Die Generatorklemmen sind dabei über einen Drehstrombrückengleichrichter mit einem Zwischenkreis verbunden. Diesem nachgeschaltet ist ein Hochsetzsteller zur Leistungssteigerung des Generators. Der Leistungsteil besteht im wesentlichen aus dem Generator. Die Ausgangsseite des Generators speist über einen Drehstrombrückengleichrichter einen Zwischenkreis. Dieser Zwischenkreis ist mit dem Bordnetz über den Hochsetzsteller verbunden. Der Hochsetzsteller besitzt dabei keine eigene Speicherdrossel, sondern verwendet als Drossel die Stranginduktivität des Generators. Somit kommt dieser Hochsetzsteller mit einem Minimum an Bauteilen aus.

Ausgehend von der vorstehend beschriebenen Generatorkonfiguration über ein Fahrzeugbordnetz besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine optimale Regelung des Generators durchzuführen, die auch bei geringen Drehzahlen eine möglichst hohe Leistungsabgabe des Generators ermöglicht.

#### Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren zur Regelung eines Generators mit zugeordnetem Spannungswandler hat den Vorteil, daß eine Leistungsabgabe des Generators auch bei Drehzahlen, bei denen die Ausgangsspannung des Generators noch nicht ausreichen würde um direkt in das Bordnetz einzuspeisen, möglich ist. Weiterhin ist vorteilhaft, daß bei Drehzahlen, die höhere Ausgangsspannungen des Generators bewirken, eine Regelung durchführbar ist, die es ermöglicht, daß eine maximale Leistungsabgabe erfolgt.

Erzielt werden diese Vorteile durch eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Regelung eines Generators mit zugeordnetem Spannungswandler mit den Merkmalen des An-

spruchs 1. Vorteilhafterweise wird durch den als Hochsetzsteller arbeitenden Spannungswandler die Generatorspannung zwischen Null und dem gewünschten Maximalwert von bspw. 42 Volt frei eingestellt, entsprechend dem erforderlichen Wert. Durch diese Spannungseinstellung ist es möglich, den Generator auch im unteren Drehzahlbereich in einem Punkt maximaler Leistungsabgabe zu betreiben. Diese maximale Leistung, die auch Tangentenleistung genannt wird, ist bei gegebenem Generator und maximaler Erregung nur eine Funktion der Drehzahl. Bei höheren Drehzahlen kann der Hochsetzsteller nicht mehr zur Leistungssteigerung verwendet werden, der Generator wird dann vorteilhafterweise über den Erregerstrom in seiner Abgabeleistung geregelt. Bei höheren Drehzahlen erfolgt also vorteilhafterweise dieselbe Regelstrategie für den Generator wie sie bei heutigen Generatoren bereits üblich ist.

Zum Schutz gegen Überspannungen wird in vorteilhafter Weise der Hochsetzsteller selbst verwendet. Durch Schließen des Schalters bzw. der Schalter des Hochsetzstellers bei Überspannungen kann die Leistungsabgabe des Generators an das Netz in vorteilhafter Weise unterbunden werden. Somit lassen sich die Überspannungen und insbesondere die Dauer der Überspannungen nach einem Lastabwurf reduzieren. Die heute üblichen Zener-Dioden in der Gleichrichterbrücke können dann durch herkömmliche Dioden ersetzt werden. Dies ist besonders vorteilhaft, da bei den höheren Spannungen von bis zu 42 Volt, für die der Generator ausgelegt ist, derzeit keine geeigneten Zener-Dioden zur Verfügung stehen.

#### Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den 5 Figuren der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Im einzelnen zeigt:

Fig. 1 einen Klauenpolgenerator mit Hochsetzsteller,

Fig. 2 ein Ersatzschaltbild und Zeigerdiagramm der vereinfachten Maschine (Generator)

In Fig. 3 ist ein Strukturbild des gesamten Regelkreises dargestellt und

Fig. 4 zeigt einen Regler für den Hochsetzsteller.

In Fig. 5 ist der Überspannungsschutz mit Hilfe des Hochsetzstellers schematisch dargestellt.

#### Beschreibung

In Fig. 1 ist ein Klauenpolgenerator mit Hochsetzsteller dargestellt, für den die erfindungsgemäße Regelung eingesetzt werden kann. Im einzelnen bezeichnet 10 den Klauenpolgenerator, mit der Erregerwicklung 11, durch die der Erregerstrom  $I_{Er}$  fließt. Die Ständerwicklungen sowie der üblicherweise mit dem Generator in Verbindung stehende Spannungsregler sind nicht explizit dargestellt.

An den Klauenpolgenerator 10 schließt sich die Gleichrichterbrücke 12 an, die sechs Dioden 13 bis 18 umfaßt. Der Hochsetzsteller 19 umfaßt einen Schalter 20, eine Diode 21 und einen Kondensator 22. Das Bordnetz ist schematisch als Last 23 dargestellt. Aus dem Gleichrichter fließt der Strom  $I_Z$  und ins Fahrzeugbordnetz fließt der Strom  $I_N$ . Die für das Netz bereitgestellte Spannung ist mit  $U_N$  bezeichnet.

#### Detaillierte Beschreibung

##### 1. Generator

Bei Vernachlässigung der magnetischen Einachsigkeit ergibt sich wie in Fig. 2a und 2b dargestellt ist, ein sehr übersichtliches Ersatzschaltbild und ein einfaches Zeigerdia-

gramm. Zu einer Abgabeleistung  $P$  der Maschine existieren zwei mögliche Betriebspunkte. Im Zeigerdiagramm der Maschine sind die zu einer bestimmten Leistung  $P$  gehörenden zwei möglichen Betriebspunkte dargestellt. Das Produkt aus Strom  $\times$  Spannung ist in beiden Fällen gleich. Der eine Betriebspunkt  $P_1$  zeichnet sich durch eine große Spannung und einen kleinen Strom aus, der andere Betriebspunkt  $P_1^*$  dagegen durch kleine Spannung und großen Strom.

Für den Fall maximaler Leistungsabgabe der Maschine fallen beide Betriebspunkte im sogenannten Tangentenpunkt zusammen. Für  $X_1 \gg R_1$  gilt  $U_1 = 1/\sqrt{2} \cdot U_P$ .

Der Spannungsabfall an der Stranginduktivität  $X_1 = \omega L_1$  ist dabei gleich groß wie die Klemmenspannung  $U_1$ .

Somit ist der Strom im Tangentenpunkt  $U_1 = 1/\sqrt{2} \cdot U_P / \omega L_1$ . Dieser Strom ist mit  $U_P = 1/\sqrt{2} \cdot \omega L_{1f} \cdot I_{\text{eff}}$  gleich  $I_1 = 1/2 \cdot L_{1f} / L_1 \cdot I_{\text{eff}}$ .

Daraus sieht man, daß der Strom für eine maximale Leistungsabgabe unabhängig von der Drehzahl ist. Er ist nur eine Funktion vom Erregerstrom. Daher kann der Strom für maximale Leistungsabgabe als Funktion vom Erregerstrom, unabhängig von der Drehzahl, vorgegeben werden und eignet sich zur Regelung auf die Tangentenleistung.

## 2. Hochsetzsteller

Um die maximale Leistung der Maschine bei verschiedenen Drehzahlen abnehmen zu können muß die Klemmenspannung einstellbar sein. Diese ist jedoch abhängig von der Polradspannung der Maschine, die wiederum von der Drehzahl und dem Erregerstrom abhängt. Somit muß die Klemmenspannung variabel gestaltet werden. Dies erfolgt durch den Hochsetzsteller. Über das Tastverhältnis  $V$  des Hochsetzstellers wird das Verhältnis der Spannungen am Stellereingang  $U_Z$  und Stellerausgang  $U_{\text{Netz}}$  (Netzspannung) festgelegt. Die Zwischenkreisspannung  $U_Z$  ist die Ausgangsspannung des Generators nach der Gleichrichtung. Am Stellerausgang liegt die Netzspannung  $U_{\text{Netz}}$ , an der der Verbraucher und gegebenenfalls eine Batterie hängt. Dabei ist die Ausgangsspannung eines Hochsetzstellers immer größer oder gleich der Eingangsspannung. Am Stellerausgang soll eine konstante Spannung von 42 Volt existieren, somit kann die Eingangsspannung des Stellers, bzw. die Generatorspannung, durch das Tastverhältnis zwischen  $U_Z = 0$  und 42 Volt eingestellt werden.

## 3. Regelung

Die Maschine bietet für eine Regelung zwei Eingriffsmöglichkeiten. Zu einen kann der Erregerstrom der Maschine und somit die Polradspannung verändert werden, zum anderem kann die Klemmenspannung, bzw. die Zwischenkreispannung über den Hochsetzsteller variiert werden. Von beiden Möglichkeiten soll Gebrauch gemacht werden. In Fig. 3 ist das Strukturbild des gesamten Regelkreises dargestellt, mit dem unterlagerten Regler für den Hochsetzsteller 24 und dem Regler für die Erregung des Generators 25. Der Generator 10, der Gleichrichter 12, der Hochsetzsteller 19 und die Last 23 tauschen untereinander die in Fig. 3 eingetragenen Informationen aus.

### Leistungsregelung im unteren Drehzahlbereich

Im unteren Drehzahlbereich ist die Maschine voll erregt, es fließt der maximal zulässige Erregerstrom. Die Zwischenkreispannung ist jedoch kleiner als die Netzspannung. Durch den Hochsetzsteller kann nun die Leistung der Maschine auf den gewünschten Abgabewert eingestellt werden. Die Abgabeleistung wird über das Tastverhältnis gere-

gelt. Dabei erreicht sie maximal die Tangentenleistung.

### Spannungsregelung bei höheren Drehzahlen (Load-Dump-Schutz)

Von der Möglichkeit, daß zu jeder Leistung zwei mögliche Klemmenspannungen existieren, kann im oberen Drehzahlbereich Gebrauch gemacht werden. Ist die Maschine für eine große Leistung erregt und es findet ein Lastabwurf statt, so steigt sprunghaft die Klemmenspannung an. Dieser Anstieg der Netzspannung kann nicht durch eine rasche Reduzierung des Erregerstromes abgefangen werden, da dieser wegen der Erregerinduktivität nur langsam abnimmt. Jedoch kann der Hochsetzsteller den Spannungswert einstellen, der zu der neuen, geringeren Leistung gehört. Dies bedeutet, daß mit dem Hochsetzsteller die Klemmenspannung am Generator von der zuvor existierenden natürlichen Klemmenspannung ( $U_Z = U_{\text{Netz}}$ ) verringert wird. Die Klemmenspannung erreicht den Wert, bei dem mit noch unverändertem Erregerstrom die Leistungsabgabe an das Netz den neuen Wert erreicht.

### Regelungskonzept

Der Regler umfaßt drei mögliche Eingriffsbereiche. Daher ist es sinnvoll den Regler in drei Teilregler zu gliedern:

1.  $U_{\text{ist}} < U_{\text{soll}} - \Delta U_{\text{min}}$ : Der Hochsetzsteller versucht die Spannung zu stützen. Gleichzeitig wird der Erregerstrom gesteigert. Dieser Betrieb wird fortgesetzt bis die Spannung ihren Sollwert, oder der Erregerstrom seinen zulässigen Maximalwert erreicht hat. Kann der Erregerstrom nicht mehr gesteigert werden, da er den maximal zulässigen Wert erreicht hat, kann die geforderte Leistung über den Hochsetzsteller bereitgestellt werden.
2.  $U_{\text{soll}} - \Delta U_{\text{min}} < U_{\text{ist}} < U_{\text{soll}} + \Delta U_{\text{max}}$ : Der Generator befindet sich in seinem normalen Betriebsbereich. Er wird (wie dies auch in den heutigen Reglern realisiert ist) über den Erregerstrom in seiner Ausgangsspannung, bzw. seiner Abgabeleistung, geregelt.
3.  $U_{\text{ist}} > U_{\text{soll}} + \Delta U_{\text{max}}$ : Überspannung, z. B. nach einem Lastabwurf. Da der Erregerstrom nicht rasch genug reduziert werden kann, muß über den Steller die Maschine "abgetaktet" werden. Gleichzeitig erfolgt eine Reduzierung des Erregerstromes (Load-Dump-Schutz).

### Regelung des Hochsetzstellers

Der Spannungsregelung ist ein Stromregler für den Generator Strom  $I_Z$  unterlagert. Gleichzeitig wird dieser beschränkt auf den Stromwert im Tangentenpunkt. Die Begrenzung des Generatorstromes auf einen maximalen Wert ist abhängig von dem momentanen Wert des Erregerstromes. Daher ist es erforderlich, den Grenzwert für den Generatorstrom aus dem Erregerstrom abzuleiten. Hierzu muß dem Begrenzer der aktuelle Istwert des Erregerstromes zugeführt werden. In Fig. 4 ist ein Beispiel für einen Regler für den Hochsetzsteller angegeben.

### Überspannungsschutz

Der Überspannungsschutz soll möglichst rasch eingreifen um Überspannungsspitzen zu unterdrücken. Die Anstiegsgeschwindigkeit der Ausgangsspannung wird durch die Höhe des Lastabfalles, bzw. des Stromes, und der Aus-

gangskapazität bestimmt. Um auf Überspannungen schnell reagieren zu können, ist hierzu ein einfacher P-Regler vorgesehen. Dieser Regler spricht an, sobald die Netzspannung einen bestimmten Maximalwert überschreitet. Spricht dieser Regler an, so wird über den Hochsetzsteller die Netzspannung auf diesen Wert geregelt. Somit kann die Abgabeleistung des Generators an das Netz reduziert werden. Eine mögliche Ausgestaltung für den Überspannungsschutz ist in Fig. 5 angegeben.

#### Wesentliche Punkte

Für eine maximale Leistungsabgabe (Tangentenlinie) wird auf den Abgabestrom der Maschine geregelt.

Für andere Leistungen wird das Tastverhältnis reduziert, bis die gewünschte Leistung sich einstellt. Der Erregerstrom wird hierbei auf seinen maximalen Wert geregelt. Dadurch wird der Ständerstrom der Maschine möglichst gering, und der Wirkungsgrad erreicht seinen günstigsten Wert.

Bei Überspannungen im Netz wird die Maschine über den Schalter kurzgeschlossen und die Leistungsabgabe des Generators unterbrochen. Dadurch ergibt sich ein Load-Dump-Schutz. Auch hierbei kann auf eine bestimmte vorgebbare Leistungsabgabe des Generators geregelt werden.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung und/oder Verfahren zur Regelung eines Generators mit zugeordnetem Spannungswandler, der als Hochsetzsteller arbeitet, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Regelung in wenigstens zwei Teilbereichen, die als Drehzahlbereiche oder als Spannungsbereiche definiert sind, auf unterschiedliche Weise erfolgt.
2. Vorrichtung und/oder Verfahren zur Regelung eines Generators mit zugeordnetem Spannungswandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein dritter Regelbereich festgelegt wird, indem die Regelung gegenüber den beiden ersten Bereichen auf unterschiedliche Weise erfolgt.
3. Vorrichtung und/oder Verfahren zur Regelung eines Generators mit zugeordnetem Spannungswandler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei unterschiedliche Regeleinrichtungen vorhanden sind, wobei die erste Regeleinrichtung für die Regelung des als Hochsetzstellers arbeitenden Spannungswandlers und die zweite Regeleinrichtung als Regler für den durch die Erregerwicklung des Generators fließenden Erregerstrom dient, wobei beide Regeleinrichtungen miteinander in Verbindung stehen und Informationen austauschen.
4. Vorrichtung und/oder Verfahren zur Regelung eines Generators mit zugeordneten Spannungswandler nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß durch Regelung des Erregerstromes die Polradspannung des Generators in vorgebbarer Weise beeinflusst wird und die Klemmenspannung des Generators über den Hochsetzsteller in vorgebbarer Weise variiert wird.
5. Vorrichtung und/oder Verfahren zur Regelung eines Generators mit zugeordneten Spannungswandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zum Überspannungsschutz vorhanden sind, die auf den Spannungswandler einwirken und bei erkannter Überspannung unabhängig von weiteren Bedingungen auf die dritte Regelvariante umschalten.
6. Vorrichtung und/oder Verfahren zur Regelung eines Generators mit zugeordneten Spannungswandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch ge-

kennzeichnet, daß die Regelung so erfolgt, daß unabhängig von der Drehzahl des Generators die Klemmenspannung am Ausgang des Generators etwa 14 Volt und die Ausgangsspannung am Hochsetzsteller etwa 42 Volt beträgt.

7. Vorrichtung und/oder Verfahren zur Regelung eines Generators mit zugeordneten Spannungswandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der Klemmenspannung über das Tastverhältnis des Hochsetzstellers erfolgt, das das Spannungsverhältnis am Eingang und am Ausgang des Hochsetzstellers festlegt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

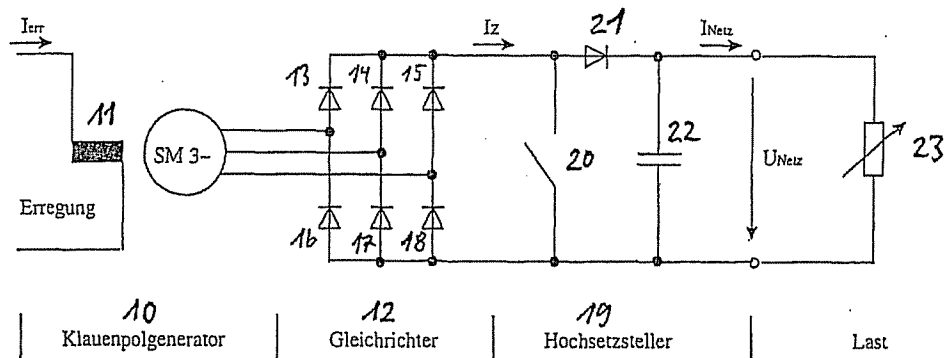


Fig 1

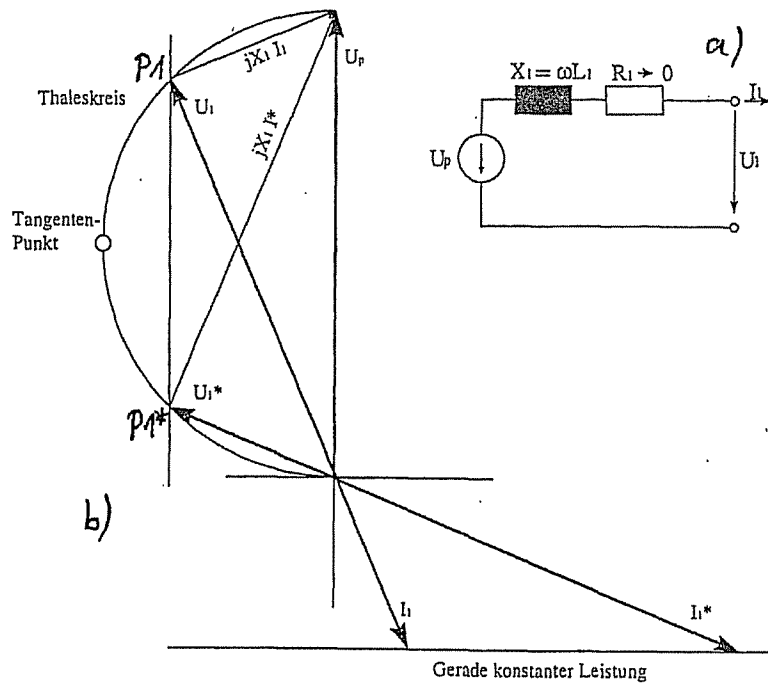


Fig 2

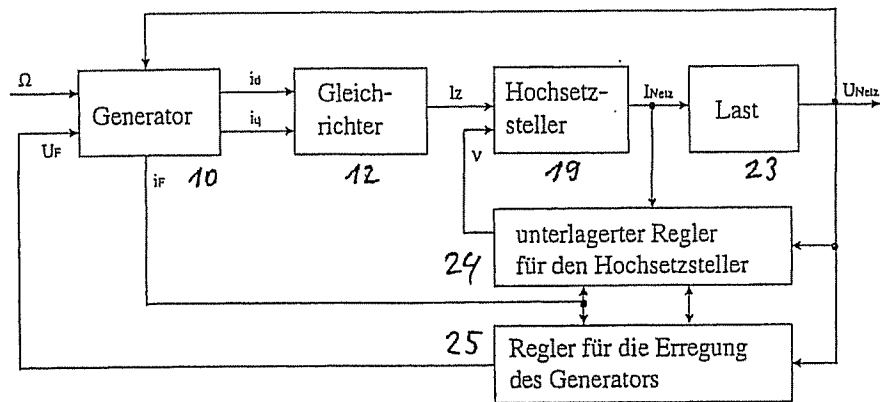


Fig 3

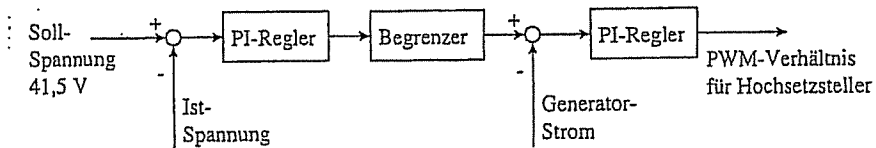


Fig 4

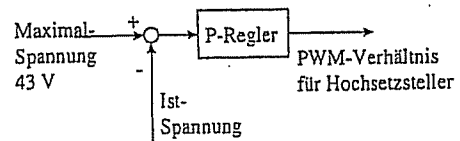


Fig 5